

専攻科特別研究題目  
及び要旨一覧

令和3年度

## ○専攻と研究テーマ

### 電子機械システム工学専攻

ディープラーニングを用いたリングダウン重力波の開始時刻の推定	青木 尚登
ヒューマノイドロボットによる人間の動作再現の高度化	石橋 和貴
耳音響特性を用いた左右の耳の判別に関する検討	大港 滯
SOSCastを用いた災害救助信号の伝送特性に関する研究	岡田 慶吾
トマトのポット栽培における自動収穫システムの開発	小熊 一矢
パルス駆動による高輝度発光有機EL素子の発熱特性の改善	小澤 拓也
機械学習を用いたトマトの生育条件の時系列的評価	風間 鼓太郎
MAX相セラミックスを工具電極に用いた放電加工 －仕上げ加工条件における加工特性－	栗林 朋希
音響透過型イヤホンを用いた耳音響認証に関する検討	酒井 陽太
nチャンネル型有機FETの実現にむけた有機半導体層への電子注入層の開発	酒井 龍一
室内伝達特性による人体検知に関する検討	櫻井 康貴
数値解析による打撃試験用ハンマー形状の最適化	佐藤 太一
放電加工されたMAX相セラミックスの機械的性質	品田 健陽
TiN焼結体を工具電極に用いた放電コーティング	杉澤 秀真
広視野角カメラを用いた移動体検出システムの開発	鈴木 大二
外耳道の幾何学的形状と音響特性との関係に関する研究	田中 俊祐
MAX相セラミックスの微細穴加工	田中 将太郎
純チタン/ジルコニア焼結接合材の界面組織と強度に及ぼす酸化処理の影響	峠 優太
雪堤崩れ発生要因の検討	永井 悠都
MRデバイスによるコンクリートのひび割れ点検補助システムの開発	長島 春澄
自然環境音によるASMRアクティベーションの統計的評価	藤塚 琉偉
簡易ドライビングシミュレータを用いたドライバのサポート	古川 悠人
生体適合性バイオポリマー含侵多孔質チタン基コンポジットの開発	宮崎 凌
ディープラーニングを用いた野生動物被害抑制法の検討	村山 亮貴
ヘテロ積層構造制御によるCZTS薄膜太陽電池の高品質化に関する研究	森 菜々子
高速輸送機器用チタン粒子分散Al-Li合金焼結複合材料の組織と強度	米倉 瑞希

## 物質工学専攻

環境調和型プロセスによるバイオベース高吸水性ポリマーの合成	阿部 直季
生理機能性・炊飯性の良い飯米用湿熱処理玄米の開発	阿部 凌大
生理機能性・利用性の良い湿熱処理米ヌカの開発	荒木 萌
ポルフィリン骨格を持った光感受性物質の合成	五十嵐 優
Cu <sub>2</sub> GeS <sub>3</sub> 化合物薄膜太陽電池の作製	大橋 亮太
酸化亜鉛系光触媒における過酸化水素製造の検討	鈴木 統大
超音波照射におけるラジカル生成へのマイクロバブルの影響	土田 一喜

## 環境都市工学専攻

コンクリート構造物の点検精度向上を目的とした自己組織化マップを用いた 打音点検技能の形式知化	稲田 晃大
構造物点検時の損傷判定支援システム開発のための検討	尾地 優大
実地形を対象とした煙型雪崩の流動解析	金子 優斗
単軸水平方向に繰返し負荷を受ける鋼製変断面柱の力学的挙動	木村 宥斗
既存構造物の打音点検精度向上に資する打音点検練習方法の開発	小海 元暉
スマートフォンを用いた開発途上国における橋梁データベースシステムの構築	小林 倫
吸水させたコンクリート表面の輝度の時間変化に基づく広域な表層品質評価法の確立	小宮 陸
塩害を受けたプレストレストコンクリート桁の鋼材腐食量調査	齋藤 充
新潟県の中小河川を対象とした深層学習による水位予測手法の開発	武樋 力
長距離移動する加速発達を伴う泥水サーマルの流動解析	武藤 要

## ○研究要旨

### 電子機械システム工学専攻

#### ディープラーニングを用いたリングダウン重力波の開始時刻の推定

#### Estimating the Start Time of Ringdown Gravitational Waves Using Deep Learning

青木 尚登：電子機械システム工学専攻（上村 健二 教授，酒井 一樹 助教）

アインシュタインが重力波の存在を予言してから約 100 年後の 2015 年，人類は初めて重力波の観測に成功した．重力波は光の速さで伝搬し，物質との相互作用による減衰がほとんど起こらないため，観測が困難であった天体現象の調査に繋がり，重力理論の検証や，宇宙の誕生についての知見が得られると期待されている．しかしながら，重力波は非常に微弱であり，大きなノイズに埋もれている．そのため観測データからノイズを消去し，重力波源のパラメータを推定する，高度なデータ解析技術が必要となる．

人類初の直接観測に成功した重力波は連星ブラックホール(BBH)合体によるものであった．BBH 合体による重力波はインスパイラル重力波，マージャー重力波，リングダウン重力波の 3 つの部分からなる．最後のリングダウン重力波の準固有振動周波数を調べることで重力理論の検証に繋がるとされているが，そのためにはリングダウン重力波の開始時刻を決定する必要がある．しかし，その開始時刻を求める手法は確立しておらず，いくつかの開始時刻を仮定して何通りかの推定結果を求めているのが現状である．本研究では，ディープラーニングを用いて，ノイズを含んだ観測データからリングダウン重力波の開始時刻を高精度に推定する手法を構築し，その有効性を検証する．

#### ヒューマノイドロボットによる人間の動作再現の高度化

#### Improving Reproduction of Human Motion with Humanoid Robot

石橋 和貴：電子機械システム工学専攻（外山 茂浩 教授，酒井 一樹 助教）

ヒューマンロボットインタラクションの観点から，ヒューマノイドロボットを活用したスポーツのトレーニング支援方法に関する研究が進められている．これまでの研究で，線形写像による動作再現方法が提案された．この方法では，入力となる人間の関節角ベクトルに冗長性を持たせることで，人間とロボットの自由度の差異を補償した．しかし，特定の動作のみを対象にしか再現ができないことや他の被験者に対して適用できないという問題点がある．

そこで，ヒューマノイドロボットに人間と同様にマーカーを配置し，人間のマーカー座標の形状と比較し，形状が最も類似するようにロボットの関節角を決定することで動作再現を行う新たな手法を提案する．マーカー形状の比較には，一般化プロクラステス分析 (GPA) を用いる．人間の姿勢の形状を直接的に探索することで被験者の体格に依らない再現が実現可能であると考えられる．本研究では，人間の上半身の動きのみに注目し，提案手法の検討を行う．

## 耳音響特性を用いた左右の耳の判別に関する検討

### Examination of Discrimination between Left and Right Ears Using Ear Acoustic Characteristics

大港 滯：電子機械システム工学専攻（矢野 昌平 教授，和久井 直樹 助教）

近年，顔や指紋等の生体特徴の異なりを利用して個人を認証する技術である生体認証への注目が高まっている．顔や指紋を用いた指紋認証や顔認証があり，スマートフォン等でも用いられる生体認証は我々の身近な認証手法である．しかしながら，認証には指をセンサーに押しあてる，顔をデバイスに向ける等の認証動作が必要である．また，認証は一時的なものであり，継続して認証を行い続ける常時認証は難しい．継続的な認証が不可能であるため，デバイスのロック解除後にユーザが入れ替わる「なりすまし」等の詐称を検出することができない．これらの欠点を克服する生体認証として，耳音響特性を用いた耳音響認証を考案した．耳音響認証は次の流れで実現される．最初に，ユーザはマイクロホンが内蔵されたイヤホンを耳に装着する．次に，このイヤホンを用いて耳音響特性の測定が実施される．測定された音響特性より特徴量を導出する．最後に特徴量に含まれるユーザ毎の差異から，個人認証を行なう．過去において個人の両耳の音響特性には大きな差異があると報告されている．しかし，耳音響特性を用いた左右の耳の判別については十分な検討がなされていない．一般的なイヤホンは，右左どちらの耳に装着するかが指定されている．しかし，誤ってイヤホンを左右反対につけてしまうことが予想される．左右のイヤホンを逆につけると，受聴する楽音の種類によっては音像方向の反転や逆転が生じ臨場感が低下する等が考えられる．耳音響認証で用いられる耳音響特性より，イヤホンを左右どちらの耳に装着しているかを判別することができれば，左右のイヤホンから再生する楽音を再生機器側で入れかえる等の対策が実施可能となり利便性が向上すると考えた．本研究では，左右の耳音響特性の差異を分析し可視化する手法を提案した．次に実際の被験者の左右の耳の耳音響特性を用いて，左右の耳の判別精度を算出した．これらをもとに左右の耳の特徴，及び判別可能性について実験的に検討を行った．結果として，左右の耳の判別精度は高いという結果が得られた．

## SOSCast を用いた災害救助信号の伝送特性に関する研究

### Research on Transmission Characteristics of Disaster Relief Signals Using SOSCast

岡田 慶吾：電子機械システム工学専攻（樺澤 辰也 教授）

In this study, SOSCast is used in the case that the communication station breaks down and becomes unusable due to trouble or disaster. SOSCast is SOS message propagate application. I evaluate the collection rate of SOS message and the number of transmissions at the terminals of affected people by using computer simulation.

### **トマトのポット栽培における自動収穫システムの開発**

#### **Development of Automatic Tomato Harvesting System for Pot Cultivation**

**小熊 一矢：電子機械システム工学専攻（池田 富士雄 教授）**

近年農業就業者の担い手減少，高齢化により労働力不足が深刻な課題となっている．そこで人間に代わり，トマト栽培の作業の中でも大きな割合を占める収穫作業に焦点を当てた自動収穫システムの開発を行う．先行研究では，ディープラーニングにより果実の三次元位置推定を行い，シンプルな環境における自動収穫システムの開発を行った．本研究では，更に実環境に近づけるため，(1)果実の把持方法，(2)ポット栽培における全果実検出手法，(3)検出から収穫までの一連の流れの信頼性と効率化を実現する手法の3つについて検討した．(1)については，吸引機構と把持機構の両方を併せ持つエンドエフェクタを開発することで，果実を一つ一つ把持することが可能となった．(2)は，ポットを把持・回転する機構を開発し，更にカメラ角の自動制御を実現することで，ポットの後ろに隠れて見えない果実も検出可能となった．(3)は，ROS2 の通信系を活用し，これまでに検出された情報を管理するソフトウェアを開発し，果実情報の信頼性を高めることができた．

### **パルス駆動による高輝度発光有機 EL 素子の発熱特性の改善**

#### **Mitigation of Internal Heat Generation in High Brightness Organic Light-emitting Diodes through Pulse Current Driving**

**小澤 拓也：電子機械システム工学専攻（皆川 正寛 教授）**

In this study, the electric and luminescence characteristics of organic light-emitting diodes (OLEDs) driven by direct current (DC) or pulse current were examined, and the corresponding effects of the driving methods (DC and pulse current) on such electric and luminescence characteristics were analyzed. The structure of the fabricated OLED comprises an indium tin oxide anode, an N,N'-di-1-naphthyl-N,N'-diphenylbenzidine hole transport layer, tris(8-quinolinolato)aluminum electron transport layer and light-emitting layer, a lithium fluoride electron injection layer, and an aluminum cathode. Based on the conducted analysis, it was found that in the case of applying DC, the voltage of the OLED increased with an increase in current density. However, a decrease in the voltage was observed during high current density. Such unnatural behavior was not observed when the OLED was driven by pulse current. Furthermore, the rolloff characteristic (i.e., reduced current efficiency of luminescence due to increased current density in a high brightness region caused by self-heating in OLEDs) was mitigated through pulse current driving. Hence, it can be concluded that compared to DC driving, pulse current driving can effectively reduce internal heat generation in OLEDs.

## 機械学習を用いたトマトの生育条件の時系列的評価

### Time-series Evaluation of Tomato Growth Conditions Using Machine Learning

風間 鼓太郎：電子機械システム工学専攻（上村 健二 教授，酒井一樹 助教）

トマトは世界で最も多く生産されている野菜であり，日本でも生産量の多さが上位に入るポピュラーな野菜である．しかし，農業の現場では，依存として人手に頼る作業や熟練者でなければできない作業が多く，省力化，人手の確保，負担の軽減が重要な課題となっており，もちろんトマトも例外ではない．これらの課題を解決するために近年日本では，稲作などにおいて実用化されているシステムがあり，世界で見るとインドにおいて肥沃な土壌で生育可能な作物の種類を用いて，土壌の肥沃度と作物の収穫量を機械学習により予測することで，将来的には作物生産のための肥料使用量を提供するようなシステムの研究がされているが，トマトの生育に特化したシステムはまだない．その理由として，トマトは土壌の状態や気候条件によって品質が変動しやすく，安定した生育が難しい野菜であるということが考えられる．

そこで本研究では，トマトの生育過程における土壌の状態や気候条件のデータを取得し，それを分析することでこれらの要因が品質にどのように影響するかを可視化することに取り組む．それをもとに，トマトの生育過程においてデータに基づいた評価を行うための基準を得ることを目的とする．

## MAX 相セラミックスを工具電極に用いた放電加工

### －仕上げ加工条件における加工特性－

### Electrical Discharge Machining with MAX Phase Ceramics Tool Electrode

### － Machining Characteristics under Finish Machining Conditions －

栗林 朋希：電子機械システム工学専攻（金子 健正 准教授）

銅は難削材であるが，従来の放電加工用工具電極の加工によく使用いられている．本研究では，新たな工具電極材料として，MAX 相セラミックスの加工特性について検討した． $Ti_3SiC_2$  は MAX 相セラミックスの 1 つで，金属的な性質とセラミックス的な性質を併せ持っており，放電加工用工具電極に求められる高い融点および熱伝導率と快削性を有している．そのため，MAX 相セラミックスは，放電加工特性と工具電極形状が得られる被削性を両立した放電加工用工具電極材料として適用できる可能性がある．先行研究において，MAX 相セラミックスを工具電極として用いた放電加工を実現し，その放電加工特性を解析した． $Ti_3SiC_2$  電極の加工特性は銅電極とほぼ同じであり， $Ti_3SiC_2$  電極は放電加工用工具電極として使用可能であることがわかった．今回，MAX 相セラミックス工具電極を用いて仕上げ加工条件で放電加工を行った結果， $Ti_3SiC_2$  電極は銅電極に比べて消耗しにくいことが分かった．そこで，熱伝導解析と単発放電により，放電加工特性への影響を明らかにした．

## 音響透過型イヤホンを用いた耳音響認証に関する検討

### EIn\_Ear Ear Acoustic Personal Authentication Device with External Sound Transmission Capability

酒井 陽太：電子機械システム工学専攻（矢野 昌平 教授, 和久井 直樹 助教）

生体情報の違いを用いて個人を認証する技術を生体認証という。パスワード等と異なり、漏洩や模倣される危険が少ないため、安全な認証方法として近年注目されている。例えば、パソコンへのログインや携帯電話のロックを外す等に指紋や静脈、虹彩等が利用されている。現在普及している生体認証の認証を行うタイミングは、サービス開始時に行われる。そのため、途中でユーザが入れ替わる「なりすまし」を検知することは困難である。我々の研究室では、新たな生体情報として耳穴(外耳道)に着目した耳音響認証が考案されている。耳音響認証は、特殊なイヤホンを用いて外耳道の音響特性を測定し、音響特性の差異を利用した生体認証技術である。イヤホン型のデバイスであるため、常時装着することの可能である。これは、これまでの認証方法では難しかった常時認証を行うことを可能とし、「なりすまし」の問題を解決することが期待されている。しかし、従来の耳音響認証イヤホンは耳を密閉するイヤホン型のデバイスであるため外音を透過しづらい。そのため、使用者には外部からの会話や環境音が聞こえづらくなるという問題点があった。そこで、外音を透過する特殊な形状のイヤピースを用いた音響透過型耳音響認証イヤホンを提案し検討を行う。

## nチャンネル型有機FETの実現にむけた有機半導体層への電子注入層の開発

### Development of Electron Injection Layer for Realization of n-channel Organic Field-Effect Transistor

酒井 龍一：電子機械システム工学専攻（皆川 正寛 教授）

In this study, to realize high performance n-channel organic field-effect transistors (OFETs), the process of electron injection and the hole-blocking characteristic of the electron injection layer were analyzed with respect to the sandwich-type device featuring an organic semiconductor layer with a wide band gap that can transport both holes and electrons. The structure of the developed OFET comprises an indium tin oxide cathode, an electron injection layer, an organic semiconductor layer, a lithium fluoride hole-blocking layer, and an aluminum anode. This structure can aid in realizing an electron-dominant device because the lithium fluoride layer inhibits hole injection from the anode to the organic semiconductor layer. The electron injection layer comprises polyethyleneimine, polyethyleneimine ethoxylate, and lithium fluoride. Based on the conducted analysis, it was found that enhanced current density-voltage characteristics were demonstrated by the developed OFET having polyethyleneimine as the electron injection layer. Furthermore, the said developed OFET demonstrated a better hole-blocking characteristic than other OFETs. Hence, it can be concluded that a polyethyleneimine layer can serve as an effective electron injection layer for n-channel OFETs.

## 室内伝達特性による人体検知に関する検討

### A Study on Human Detection by Room Transmission Characteristics

櫻井 康貴：電子機械システム工学専攻（矢野 昌平 教授，和久井 直樹 助教）

現代における防犯において，人体検知は必要不可欠である．防犯カメラは映像により人間を検知し，異常や動画を記録する．記録箇所が多いほど，広い範囲で犯罪の抑止力となる．しかしカメラには設置個所に関する問題がある．例えばトイレでは，プライバシーの侵害となり，カメラを設置する事が難しい．また非常階段下のスペースなど，設置が難しい箇所も存在する．そこで我々はこれらの欠点を克服し，映像を利用しない人体検知手法として，室内音響伝達特性による人体検知を提案する．この手法は次の流れで実現する．まず測定室内にラウドスピーカーとマイクを設置する．次に，ラウドスピーカーとマイクを用いて室内における音響特性を測定する．測定した音響特性より特徴量を導出する．最後に特徴量に含まれる測定時の環境の差異から，人体検知を行う．事前実験では，測定時の理想環境下において，高い人体検知精度を実現できた．しかし，異なる環境下における人体検知に関する検討がなされていない．本研究では被験者の場所・被験者の人数・ラウドスピーカーの数・室温を変更し，測定実験を行う．次に，センサとして使用する事を想定した複数のシミュレーションを行い，異なる環境下における測定条件の変化と人体検知精度との関連について検討を行う．また，本研究で用いる音響特性によって人体検知可能な環境の解明を行う．

## 数値解析による打撃試験用ハンマー形状の最適化

### Shape Optimization for the Hammer of Hammering Test by Numerical Analysis

佐藤 太一：電子機械システム工学専攻（井山 徹郎 准教授，金子 健正 准教授）

ハンマーによる打音検査は実施が容易でかつ低コストで非破壊検査であることから，コンクリート構造物等の欠陥検査で広く用いられている．打音検査は検査対象をハンマーで打撃し，その際に生じる音から欠陥の有無などを判断する検査だが，その検査結果は実施者のハンマーの打撃の仕方や聴覚，ハンマーの形状・材質などによって左右する欠点を抱えている<sup>1)・2)</sup>．

本研究ではよりよい検査条件や効率化の手法を探るため，数値解析ソフトウェア LS-DYNA 上にて打音検査を模したシミュレーションを行い，打撃に対するコンクリート構造物の応答特性を調査する．その際，ハンマーの打撃時の傾きや形状を変更し，どのような条件であれば打音検査の欠陥検知率向上や効率化が達成できるかを解析的に検討した．またこれまでの研究において，ハンマーの形状と材料に関する解析を行い，それぞれ打音検査に適する条件を導くことができた．本研究は内部に空洞を有するハンマーを試作し，周波数応答の変化から，適切な打撃動作を習得できるハンマーの開発の可能性についても検討した．また，打撃時のハンマーの加速度と打撃角の関係を実験的に求め，適切な打撃動作の定量的な評価方法についても検討した．最後に，作製したハンマーで打撃練習を行い，検討した評価基準をもとに打撃角を予想し，作製したハンマーと検討した評価基準の有用性を検証した．

## 放電加工された MAX 相セラミックスの機械的性質

### Mechanical Properties of EDMed MAX Phase Ceramics

品田 健陽：電子機械システム工学専攻（金子 健正 准教授）

本研究では、ワイヤ放電加工(WEDM)を用いて、MAX 相セラミックスの一種である  $Ti_3AlC_2$  の機械的性質の変化を明らかにすることを目的とした。機械的性質は、ビッカース硬さ、曲げ強度、熱影響層観察、元素分析により評価した。加工液に油を用いて、ワイヤ放電加工により、MAX 相セラミックスを加工した。加工面のビッカース硬さは、押し付け荷重 9.8 N、保持時間 15 秒で、圧子を放電痕中心に押し込んだ。曲げ強度試験片は、JIS R 1601 に規定された試験片長さの半分の長さで加工し、3 点曲げ試験に供した。放電加工の違いにより、ビッカース硬さに変化は見られなかった。放電エネルギーが大きいと、曲げ強度が低下する。曲げ強度の変化の原因を調べるために、加工面の元素分析を EDS で行った。放電加工により、Ti:Al の比率が変化した。XRD と XPS を用いて化合物を同定した。放電加工により加工表面に TiC が形成された。

## TiN 焼結体を工具電極に用いた放電コーティング

### Electrical Discharge Coating Using TiN Sintered Body

杉澤 秀真：電子機械システム工学専攻（金子 健正 准教授）

In previous studies, when EDM was performed using a titanium nitride (TiN) sintered body as a tool electrode, the surface of the Ti alloy was stably coated. It was observed that the film could be controlled by discharge duration and discharge current. Therefore, in this study, to more accurately control the TiN film, we clarified the effect of processing conditions other than the aforementioned on the film characteristics. The TiN sintered body produced using the SPS method was machined into a cylindrical shape with a diameter of 5 mm and adhered to the tip of a copper round bar using a conductive adhesive to form a tool electrode. The workpiece was Ti alloy (Ti-6Al-4V). The surface roughness of the machined surface was measured, the elemental analysis of the machined surface was performed, and the film characteristics were evaluated by observing the cross section and surface. The machining conditions of machining atmosphere were varied. Consequently, the ratio of nitrogen on the machined surface was larger in the air than in the EDM oil, and the color of the machined surface was close to the gold color of TiN.

## **広視野角カメラを用いた移動体検出システムの開発**

### **Risk Prediction by Moving Vehicles Recognition using Wide Angle Camera**

**鈴木 大二：電気電子機械システム工学専攻（高橋 章 教授, 上村 健二 准教授）**

In this study, we design a system that detects an approaching vehicle from behind and predicts the risk. The system includes a fish-eye camera, single-board computer, speaker, and mobile battery. This system is compact, lightweight, and capable of running for 2 h. To detect vehicles approaching from behind a bicycle with high accuracy, the system combines MaskFlownet, which estimates optical flow using deep learning, with geometric transformations. In addition, it analyzes 3D data using struct2depth, which estimates depth maps and ego-motion using deep learning. The size and shape of the vehicle are estimated from the detection result and the distance to the vehicle, and the vehicle type classification is determined. The positional relationship between the bicycle and the vehicle is estimated based on the position of the vehicle on the image, distance to the vehicle, and ego-motion of the camera. The system predicts the risk according to the vehicle type classification and proximity to the vehicle. Consequently, the average detection distance was 14.5 m, with 2 false positives. The discrimination of vehicle classification and estimation of positional relationship were both sufficiently accurate.

## **外耳道の幾何学的形状と音響特性との関係に関する研究**

### **A Study on the Relationship between the Geometrical Shapes and the Biometrical Acoustic Characteristics of Human Ear Canal**

**田中 俊祐：電子機械システム工学専攻（矢野 昌平 教授）**

生体認証の一つとして、耳の音響特性を利用して認証を行う耳音響認証がある。耳音響認証は比較的新しい認証方法であり、認証に用いる耳の音響特性異なる原因解明は不十分である。耳の音響特性に差異が生じる要因として、耳穴、外耳道、鼓膜などが予想されている。本研究では、MRIを用いて1組の双子を含む4人の外耳道形状を測定し、外耳道形状と耳の音響特性との関係を調査した。外耳道形状の被験者間類似度の算出結果では、双子間の類似度の値が他の被験者に比べて高いことが確認できた。同様に、音響類似度の算出結果においても、双子間の類似度はその他に比べて高いことが確認できた。形状類似度と音響類似度の相関係数を算出した結果、外耳道の形状と音響特性の類似度には強い関係を有していることを示していた。このことから、耳の音響特性が人それぞれ異なる原因として、外耳道の形状が関係している可能性は高いと考えた。

## MAX 相セラミックスの微細穴加工

### Micro Hole Machining of MAX Phase Ceramics

田中 将太郎：電子機械システム工学専攻（金子 健正 准教授）

MAX 相セラミックスは  $M_{n+1}AX_n$  ( $n=1, 2, 3$ ) の比で構成された三元化合物であり、M は遷移金属元素、A は A 族元素、X は炭素または窒素を表している。MAX 相セラミックスは優れた熱伝導性、電気伝導性、耐熱衝撃性といった金属的な性質と、軽量、高剛性、良好な耐酸化性といったセラミックス的な性質を併せ持っているため、高温酸化雰囲気で使用されるノズルや構造部品材料などへの適用が期待されている。一方で、 $\phi 500 \mu\text{m}$  程度の微細穴に代表されるような微細加工技術が確立されていない。MAX 相セラミックスは導電性を有し、かつ機械加工が可能であることから、放電加工やドリル加工が有効であると考えられる。そこで本研究では、MAX 相セラミックスの微細加工技術の開発を目的として、放電加工とドリル加工による微細穴加工特性を明らかにすることを目的とする。放電加工においては、加工電気条件や加工雰囲気が加工速度と工具電極消耗に及ぼす影響を明らかにする。ドリル加工においては、加工穴直径やバリ、欠けの有無を評価する。

## 純チタン/ジルコニア焼結接合材の界面組織と強度に及ぼす酸化処理の影響

### Effect of Oxidation Treatment on Interfacial Microstructure and Strength of Pure Titanium / Zirconia Sintered Bonding Material

峠 優太：電子機械システム工学専攻（青柳 成俊 教授）

酸化物セラミックスであるジルコニア ( $ZrO_2$ ) は化学的に安定で、超硬質、高耐摩耗性という特徴がある。一方、純チタンは優れた耐腐食性と機械的性質をもつ。この2つの材料はこれまで生体材料として確かな実績がある。しかし純チタンは、一般的に摩耗に弱い。そこで、この両者を接合して純チタン表面に硬質性と耐摩耗性を付与した生体医療用材料を開発し利用することを着想した。これまでに純チタン材表面に  $ZrO_2$  粉末を焼結させて硬質表面とした接合材料を製造し、その接合界面組織について詳細に調べてきた。しかし、界面近傍で生じるボイドの抑制と界面強度の保証が品質の信頼性として課題である。

本研究では、純チタン表面を酸素雰囲気中で加熱しながら酸化させた後に  $ZrO_2$  粉末を通電加圧焼結接合し、その接合界面組織と界面せん断強度に及ぼす酸化処理の影響を明らかにすることを目的とした。酸化処理により純チタン表面に酸化を固溶し  $TiO_2$  膜を形成させ、その後  $ZrO_2$  粉末を焼結接合して組織および強度特性等を調べた。

## 雪堤崩れ発生要因の検討

### Study on Factors Causing Collapse of Snow Bank

永井 悠都：電子機械システム工学専攻（河田 剛毅 教授）

新潟県は全国屈指の豪雪地帯であり、冬場の道路の除雪によって路肩や中央分離帯に形成される雪の壁のことを「雪堤」と呼ぶ。この雪堤が崩壊した場合、多量の雪塊が車線に飛び出し、最悪、交通事故を引き起こす可能性がある。その重大性は一般道よりも走行速度が高い高速道路の方が大きい。高速道路では路肩と中央分離帯に雪堤が形成されるが、両者は形成過程が異なり、いずれも崩れの発生条件や崩れパターンすら明らかではない。

そこで本研究は、高速道路に形成される雪堤の崩れを未然に防止するための適正処理について検討する共同研究の一環として、中央分離帯や路肩に形成される雪堤の崩れ現象に関係する強度評価を行う。

まずはその第 1 段階として起こり得る崩れパターンを想定し、その発生する可能性について検討する。そして第 2 段階として、人工雪を用いて想定される崩れパターンの再現モデルを作成し、強度評価を行う。

## MR デバイスによるコンクリートのひび割れ点検補助システムの開発

### Development of Supporting System for Crack Inspection on Concrete Using an MR Device

長島 春澄：電子機械システム工学専攻（池田 富士雄 教授）

近年、橋梁やトンネルなどのコンクリート構造物の劣化や損傷が顕在化し、定期点検の重要性が高まっている。例えば国土交通省「橋梁定期点検要領」では、橋梁の適切な点検、維持管理のためにコンクリート構造物のひび割れ、うき、剥離、鉄筋露出などに着目して点検するように指定されている。ひび割れは中でも特に重要な指標の 1 つであり、近接目視や、必要に応じてクラックスケールなどによりひび割れの位置、長さ、幅などを計測し、その結果をもとに健全度を診断し、対策区分を判定するように定められている。

従来コンクリート表面のひび割れを記録する方法は、検査者がチョークでコンクリート表面に直接ひびをなぞって線を描き、別の検査者により適切な線を描けたかどうかの確認・検証後にひびの幅、長さを記録する。記録した結果を基に、ひびを図面に描き最終的に CAD データとして壁とひびのデータを管理している。しかし従来の方法ではひびの長さの計測、ひびを図面に描く作業、CAD で壁とひびを再現する作業がいずれも単純作業かつ極めて手間のかかる方法であり、検査者の負担が大きいため、負担軽減が重要な課題とされていた。そこで本研究では MR 技術を利用し効率的なひびのトレース作業とひびの長さの記録をサポートするシステムの開発を目的とする。

In recent years, the deterioration and damage of concrete structures, such as bridges and tunnels, have increased; therefore, it is necessary to inspect such structures. Conventionally, inspectors trace cracks directly on the concrete surface with chalk, drawing a line and recording its width and length. Then, the cracks are sketched, and finally, the wall and crack data are registered as CAD data. However, this method requires a lot of time. To solve this issue, we aimed at developing a system that supports efficient crack tracing and recording of crack length using HoloLens2, which displays 3D holograms superimposed on real space. Unity was used for development. Crack tracing and recording are streamlined by the system using HoloLens2, whereas CAD data creation is streamlined by the system using the data saved in HoloLens2.

## 自然環境音による ASMR アクティベーションの統計的評価

### Statistical Evaluation of ASMR Activation by Natural Environmental Sounds

藤塚 琉偉：電子機械システム工学専攻（矢野 昌平 教授，和久井 直樹 助教）

近年，幅広い世代においてキャンプの人気の高まってきている．自然の中に身を置き，鳥のさえずりや川のせせらぎ等の自然環境音を聞くことで，心身のリフレッシュやストレス軽減の効果が期待されている．

一方で，コンピュータ技術の発展に伴い，人工的に作られた仮想空間を現実のように体感できるバーチャルリアリティ (VR) 技術が現れた．今後 VR 技術を活用して，VR 空間で森林浴ができるようになれば，新しいストレス解消法の 1 つとなる可能性がある．これを実現するには VR 空間で，よりリラックス効果が得られる自然環境音を用いる必要があると考える．

そこで我々は，頭皮や首の後ろ等の部位にピリピリとした静電気のような感覚を感じ，リラックス感や幸福感を伴うとして知られている自立感覚経絡反応 (Autonomous Sensory Meridian Response : ASMR) の自然環境音ならば，よりリラックス効果が得られる可能性があると考えた．しかし，ASMR アクティベーションになる自然環境音の調査は不十分である．

したがって，統計的手法により自然環境音による ASMR アクティベーションについて評価し，VR 技術等において有効な自然環境音を検討する．

## 簡易ドライビングシミュレータを用いたドライバのサポート

### Driver Support Using a Simple Driving Simulator

古川 悠人：電子機械システム工学専攻（池田 富士雄 教授）

日本における年間の交通死亡事故件数は年々減少を続けており，令和 2 年には戦後最小を記録した．しかし，最近の交通事故の特徴としてヒューマンエラーが原因となるものが多く，漫然運転や脇見運転などを含む安全運転義務違反による交通死亡事故件数は全体の半数以上を占めている．安全装置の普及やインフラの整備によって環境よりも人に起因する事故が増加しているといえる．

そこで交通事故防止のためにドライバの状態を監視するシステムの開発が重要視されている．本研究では重大事故の原因となる居眠り運転などの防止を目的とし，カメラを用いてドライバの状態の監視と，運転時のドライバの異常を検知するシステムの開発を行った．運転環境の再現には簡易ドライビングシミュレータを用いることで，実車での運転に近い環境での開発，および評価を行う．

## 生体適合性バイオポリマー含侵多孔質チタン基コンポジットの開発

### Development of Porous Titanium-based Composites with Biopolymer for Enhanced Biocompatibility

宮崎 凌：電子機械システム工学専攻（青柳 成俊 教授）

耐腐食性と優れた機械的性質をもつチタン合金を多孔質に焼結成形し，その空隙部に生体親和性を有するバイオポリマーを含浸させ複合材料の製造を試みた．この複合材料は，チタン多孔質材が生体医療材としての強度を保証し，バイオポリマーが生体親和性と生体組織への密着性を向上させると期待される．本研究は放電プラズマ焼結法 (SPS 法) で Ti6Al4V 多孔質材を製造し，その多孔質材およびバイオベースポリマー含侵複合材料の組織，圧縮および曲げの強度特性を明らかにすること，また，本気孔形態における強度予測を目的とした．

## ディープラーニングを用いた野生動物被害抑制法の検討

### A Study of Wildlife Damage Control Using Deep Learning

村山 亮貴：電子機械システム工学専攻（上村 健二 准教授，高橋 章 教授）

近年，山村の過疎高齢化などの社会問題を背景に野生動物の個体数が増加し，人間の生活エリアにも出現している．それによって引き起こされる農作物や人へ与える被害が問題視されている．野生動物の個体数増加による生息域拡大は今後も予想されるため，適切な被害対策を積極的に進めていく必要がある．

本研究では，ディープラーニングを用いて野生動物の正確な検出・分類を行い，種類に応じてアラートを発令するシステムの構築を目指す．検出部では，映像から動物を検出し，カモシカ，クマ，イノシシ，シカ，そして小動物をまとめたその他の計5クラスで分類される．山中に設置されたカメラで撮影された映像にアノテーションしデータセットを作成，学習を行った．検証の結果，クラス平均80%以上の検出率が得られた．検出部の結果を用いて，特定の動物に対してアラートを行うシステムを開発した．本システムを用いた動作テストを行った，実用性が確認された．

In recent years, wildlife populations have increased owing to social problems such as depopulation and aging in mountain villages, and they have begun to appear in human settlements. It is regarded as a problem because of the damage it causes to crops and the danger it poses to people. The future is expected to see habitat expansion because of an increase in wildlife populations. Thus, appropriate damage countermeasures must actively be pursued. In this study, I aimed to build a system that accurately detects and classifies wildlife using deep learning and issues alerts based on the results of detection. The detector identifies animals from the video and classifies them into five classes: “antelope”, “bear”, “boar”, “deer”, and “other”, which includes small animals. I annotated the video footage captured by a camera installed in the mountains, created a data set, and trained the system using it. As a result of the verification, a detection rate of approximately 80% was obtained across all classes. I developed a system that uses a detector to extract results from a video footage and provide alerts on specific animals. Finally, an operation test using the system was performed, and its practicality was confirmed.

## ヘテロ積層構造制御による CZTS 薄膜太陽電池の高品質化に関する研究

### A Study of High Quality CZTS Thin Film Solar Cells by Controlling Hetero Stacked Structure

森 菜々子：電子機械システム工学専攻（島宗 洋介 准教授）

CZTS 太陽電池は，地球に豊富に存在する元素で構成され環境に優しい太陽電池として注目を集めている．バンドギャップが太陽光スペクトルと一致し，光吸収係数が  $10^4\text{cm}^{-1}$  と高く薄膜化が可能な太陽電池である．しかし，金属酸化物を除去する工程において試料を純粋に浸すと CZTS 光吸収層が下部電極である Mo から剥がれてしまうといった問題がある．この剥離はランダムに発生し，太陽電池の性能を著しく低下させる．これは下部電極 Mo と CZTS ヘテロ積層構造との密着性が悪化したためと考えられている．最近の研究では，Mo 形成後の熱処理や CZTS 層の薄膜化が膜の剥離の抑制に有効であることが分かってきた．これらの膜剥がれ対策を施した太陽電池の作製プロセスについては，まだ十分に検討が行われていない．また，プロセス中の熱処理は太陽電池の性能に大きな影響を与えている．そこで，本研究では，3 つの主要プロセスの熱処理について，温度条件がセル性能に及ぼす影響について検討を行った．

## 高速輸送機器用チタン粒子分散 Al-Li 合金焼結複合材料の組織と強度

### Microstructure and Strength of Titanium Particle Dispersed Al-Li Alloy Composites by Sintering

米倉 瑞希：電子機械システム工学専攻（青柳 成俊 教授）

高比弾性率，高比強度を有する Al-Li 合金は主として溶製法で製造され，その組織と強度，時効硬化挙動あるいは破壊靱性の評価等について多数研究されてきた．一方で Al-Li 合金粉末の焼結挙動とその焼結材の性質，あるいは Al-Li 合金粉末を母相として異種材を分散させた焼結複合材料の特徴については不明な点が多い．また通電焼結法は粉末組織の持つ特性を維持しつつニアネット成形が可能である．そこで本研究では，放電プラズマ焼結法 (SPS 法) を用いて Al-Li 合金粉末焼結材およびその合金粉末を母相として Ti6Al4V 粒子を分散させた軽量高剛性な複合材料を製造しようと考えた．そして，これら焼結材の焼結挙動，組織，硬さ，圧縮強度から性質と特徴を明らかにすることを目的とした．

## 物質工学専攻

### 環境調和型プロセスによるバイオベース高吸水性ポリマーの合成

#### Synthesis of Bio-based Superabsorbent Polymers by Environmentally Friendly Processes

阿部 直季：物質工学専攻（宮田 真理 准教授）

近年、化石資源の減少等の問題から循環型社会の構築が求められており、天然資源から成る材料が注目され、さまざまな研究が行われている。グリーンケミストリーの観点からも人体や環境への負荷を無くすため、有毒な反応剤の使用を避けた簡易な合成プロセスの開発が求められている。天然資源のセルロースは自然界に最も豊富に存在する再生可能資源であり、誘導体であるカルボキシメチルセルロースナトリウム(CMC)は水溶性で生分解性や生体適合性を持つ。また、高分子電解質である CMC は架橋構造を形成したヒドロゲルのネットワーク中で負電荷を発生し、静電反発によって水分子を取り込むネットワークが拡大するため大きく膨潤する。これらの特徴から、CMC は吸水性ポリマーの開発に理想的な材料である。

本研究では、CMC と天然資源由来のカルボン酸類を架橋剤として用い、バイオベース高吸収性ポリマーを得るための環境に優しい合成プロセスを開発した。簡易な合成プロセスによって吸水能力の高いバイオベースポリマーを得ることに成功した。さらに機能性分子を導入した吸水性ポリマーを合成し、その機能特性についても評価した。

### 生理機能性・炊飯性の良い飯米用湿熱処理玄米の開発

#### Development of Highly Physiological Functional and Easy Cooking Heat-Moisture Treatment Brown Rice.

阿部 凌大：物質工学専攻（菅原 正義 教授）

Currently, the harmful effects of super-processed foods on health have been a problem. And ingestion of whole grains foods are recommended. But, the harmful effects of wheat gluten are also recognized, so non gluten whole grains foods are limited to brown rice and brown oats. Therefore, we focused brown rice.

Brown rice is certainly rich in nutrients such as minerals and vitamins, on the other hand, it also has disadvantages such as difficulty in cooking.

The reason is, brown rice doesn't absorb water compared to white rice. So far, we have found from previous research that Heat-Moisture Treatment of brown rice increases the amount of functional ingredients such as resistant starch in brown rice.

Also, Heat-Moisture Treatment is a process of heating in a low moisture state where starch doesn't gelatinize. In addition to that this is a safe processing process that doesn't use chemical substances.

And, we focused on the amount of amylose in brown rice. So, we used middle amylose brown rice "koshihikari" and, Non amylose brown rice "sticky rice", both rice are processed, and examined the difference in effect.

### **生理機能性・利用性の良い湿熱処理米ヌカの開発**

#### **Development of Heat-moisture Treated Rice Bran**

#### **with Good Storage and Food Utilization and High Physiological Functions**

**荒木 萌：物質工学専攻（菅原 正義 教授）**

米ヌカは食物繊維が豊富な食品で、利用する動きが高まってきている。米ヌカにはいくつか問題があるが、湿熱処理（HMT）で解決が期待できる。生理機能性と利用性の良い湿熱処理米ヌカを開発するために、米ヌカの成分分析とアレルギーフリー米粉クッキーの物性測定から最適な湿熱処理条件を調査した。比較のために、乾熱処理した米ヌカを使用した。米ヌカの一般生菌数と酸価を測定した結果、0.2MPaの湿熱処理が最も良い生理機能性を持っていることがわかった。物性測定の結果から、米粉クッキーに湿熱処理米ヌカを添加することで食感が改善された。よって、湿熱処理は乾熱処理（HDT）よりも保存性、食品利用性、生理機能性が高いと確認できた。特に0.2MPa湿熱処理での生理機能性、利用性が高いことが示唆された。

### **ポルフィリン骨格を持った光感受性物質の合成**

#### **Synthesis of Photosensitive Compound Containing Porphyrin Skeleton**

**五十嵐 優：物質工学専攻（鈴木 秋弘 教授）**

近年日本ではガン死亡者数、さらにはその中に占める高齢者の割合が高齢化と共に増加している。外科手術に代表される従来の治療法は、患者への身体的負担が大きく、高齢者など体の弱い患者には適用しづらい。そこで、近年注目を集めているのが光線力学療法(PhotoDynamic Therapy；PDT)である。PDTのカギを握るのは投与する光増感剤(PhotoSensitizer；PS)だが、現在使用されているPSには光透過性や生体親和性等の課題が指摘されている。

そこで、これらの課題を克服した新規光増感剤の合成を検討した。設計したモデルは強力な電子求引基であるCF<sub>3</sub>基をもち吸収波長の長波長シフトが期待できる。さらに、プロピオン酸基と基本骨格であるポルフィリン骨格をもつことで生体親和性の向上も狙える構造となっている。

本研究では設計した新規光増感剤の合成、得られた生成物の物性について検討した。今後、実用に必要な各合成ステップの収率改善を含めた新規合成経路の検討も合わせて行う予定である。

## **Cu<sub>2</sub>GeS<sub>3</sub>化合物薄膜太陽電池の作製**

### **Preparation of Cu<sub>2</sub>GeS<sub>3</sub>-based Thin-film Solar Cells**

**大橋 亮太 : 物質工学専攻 (荒木 秀明 教授)**

Cu<sub>2</sub>GeS<sub>3</sub> (CGS) is expected to function as a light absorption material for In, Ga, and Se-free thin-film solar cells owing to advantageous physical properties (band gap of 1.5 to 1.6 eV and optical absorption coefficient greater than 10<sup>4</sup> cm<sup>-1</sup>). The effect of Na addition to CGS thin films was investigated by comparing Na-free CGS and Na-doped CGS. First, CGS thin films were prepared by the co-evaporation of Cu, Ge, and cracked S. The Cu/Ge composition ratios of the as-prepared CGS thin films were 1.56, 1.60, 1.67, 1.71, and 2.00. After that, the films were used to fabricate photovoltaic cells with a glass/Mo/CGS/CdS/ZnO:Al/Al structure. Raman spectroscopy showed that the Na-doped CGS had a monoclinic structure, and that Na-free CGS had both monoclinic and cubic structures. These results indicate that Na addition promoted a single-phase monoclinic structure. Thin-film solar cells using Na-doped CGS thin films, which were prepared from as-prepared films having a Cu/Ge composition ratio of 2.00 exhibited an open-circuit voltage of 0.326 V, a short-circuit current density of 0.961 mA/cm<sup>2</sup>, a fill factor of 0.265, and a conversion efficiency of 0.0830%. On the other hand, Na-free CGS thin-film solar cells did not exhibit good photovoltaic characteristics.

## **酸化亜鉛系光触媒における過酸化水素製造の検討**

### **Investigation of Hydrogen Peroxide Production in Zinc Oxide Photocatalyst**

**鈴木 統大 : 物質工学専攻 (村上 能規 教授)**

A photocatalyst is a material that absorbs light and enters an excited state, producing excited electrons and holes, and generating radicals from the surrounding O<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O. Among the radicals produced, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> is excellent as an oxidizing agent, and therefore the search for the photocatalysis that efficiently produces H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> was performed.

In this study, zinc oxide and visible light-responsive g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> photocatalyst were used, which had an extremely high H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production efficiency compared to other photocatalysts. Influences on the kinds of alcohol-based hole scavengers on the metal-free and metal-doped ZnO photocatalysts were also investigated.

As a result, we observed that the efficiency of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production was dependent on the hole scavengers that suppressed the recombination reaction of the photocatalysis by the surface reactions of holes and alcohols adsorbed on the photocatalysis. It was speculated that these results were deeply related to the adsorption of the hole scavenger to the surface structure of the photocatalyst.

## 超音波照射におけるラジカル生成へのマイクロバブルの影響

### Influence of the Ultrasonic OH-radical Formation on the Existence of Microbubbles

土田 一喜：物質工学専攻（村上 能規 教授）

水へ超音波を照射すると、キャビテーションが起これり OH ラジカルを生成することはよく知られている。これまでの研究により、マイクロバブル水溶液に 45 kHz の超音波を照射すると OH ラジカルの生成が促進され、28 kHz や 100 kHz の照射時には OH ラジカルの生成が抑制されることが報告されている。そこで本研究では、超音波照射によるラジカル生成において、マイクロバブルの及ぼす影響について種々の実験を行った。

実験の結果、OH ラジカルの生成量は、超音波パワーや周波数の影響を受けることが分かった。また、マイクロバブル溶液への超音波照射は、アゾ染料の分解に応用できる可能性が示唆された。更に、超音波凝集によってマイクロバブルを消泡させた溶液に対して超音波照射を行い、マイクロバブルの凝集が活性酸素の生成に影響を及ぼすことが確認された。

## 環境都市工学専攻

### コンクリート構造物の点検精度向上を目的とした自己組織化マップを用いた打音点検技能の形式知化 Explicit Knowledge of Hitting Sound Inspection Skills Using a Self-organizing Map Aimed at Improving the Inspection Accuracy of Concrete Structures

稲田 晃大：環境都市工学専攻（陽田 修 准教授）

打音点検精度の向上を目的とし、熟達者の暗黙知に基づく打音点検トレーニングを提案した。点検実務経験者 11 名を対象とし、人工的な内部空洞が埋設されている壁型コンクリートパネルに打音点検を実施し、提案した打音点検トレーニング前後の欠陥検知精度および打撃特性の変化を測定した。被験者 11 名のうち、10 名がトレーニング前と比較して欠陥発見個数割合が向上し、平均で 11.5%向上した。また、欠陥の領域同定精度はトレーニング前と比較して平均で 4.6%向上し、本トレーニングの有効性が示された。

### 構造物点検時の損傷判定支援システム開発のための検討

#### Study for Development of Damage Judgment Support System of Structure Inspection

尾地 優大：環境都市工学専攻（井林 康 教授）

我が国では、高度経済成長期に建設された橋梁の老朽化により、近年、維持管理が重要視されている。しかし、財政的・人的資源が不足している市町村では、継続的な近接目視点検の達成が困難であるため、十分な維持管理が行われていないことが現状である。

本研究では、橋梁点検調書に記載された画像と損傷事例集より、損傷や劣化の判定が可能な訓練用データベースを構築し、効率的に損傷検出できる学習モデルを作成する。また、損傷判定を自動的に行える新しい評価支援ソフトウェアの開発を目的とした。

学習モデルの作成として、画像分類と物体検出の 2 種類を用いた。画像分類では主にひびわれ、剥離・鉄筋露出、腐食を対象に新潟県内の市町村の点検調書を用いて損傷箇所の分類や損傷箇所の細分化、対策区分ごとの学習モデルを構築した。学習に用いたデータ数が少なかったことやデータ拡張により、類似した画像が多く含んでしまったため、過学習の影響が見られた。しかし、損傷種類や損傷程度のバラつきを揃えることで、判定率結果の差を抑制することが確認できた。また、物体検出では損傷箇所の分類を行い、新たにチョークひびわれと剥離を追加した学習モデルを構築した。物体検出では、新潟県内の市町村の点検調書画像に加え、Web サイトに掲載されている損傷画像を用いて学習モデルを構築した。画像 1 枚当たりのラベリング数が多かったことやラベリング時に背景がかぶってしまう組み合わせが多くあったため、判定率が低く見られたが、どの画像でも損傷識別と物体検出をすることが可能であった。

新しい評価支援ソフトウェアの開発では、画像分類と物体検出それぞれのシステム開発を行った。画像分類では本研究室で行われているタブレット概略点検システムに容易に組み込むことが可能であり、損傷箇所を瞬時に判定し、判定名と判定率が表示されるものとなっている。物体検出システムはアプリとして扱えるものとなっており、物体検出機能とリアルタイム検出機能の 2 種類がある。検出機能には画像分類システムと同様に画像を瞬時に判定することが可能であり、損傷箇所には矩形が囲まれている。またリアルタイム検出機能にはスマホをかざすだけで判定するものとなっている。

### **実地形を対象とした煙型雪崩の流動解析**

#### **Flow Analysis of Powder Snow Avalanche for Actual Terrain**

**金子 優斗：環境都市工学専攻（衛藤 俊彦 准教授）**

流動解析ツールである OpenFOAM を用いて雪粒子の沈降・堆積及び巻き上げを考慮し、煙型雪崩の流動解析を行った。過去に発生した柵口雪崩を解析対象とし、雪崩の初期総質量を一定にして雪粒子密度、初期濃度、巻き上げパラメータ  $\beta$  を変数として解析を行うことで、それらが雪崩に与える影響を調べた。

解析結果より、雪粒子密度が大きくなることで全体の先端移動速度は上昇傾向にあることが分かった。また巻き上げパラメータも同様に、大きくなるほど全体的に先端移動速度が増加する傾向が見られた。

流下経路は、ほぼ全ての Case で雪崩が 2 つに分かれ、片側の雪崩が実際の流下経路を辿る結果となり、特に Case6, Case10 において妥当な結果が得られた。

### **単軸水平方向に繰返し負荷を受ける鋼製変断面柱の力学的挙動**

#### **The Mechanical Behavior of the Varying Cross Section Column Made of Steel under Cyclic Loading**

**木村 宥斗：環境都市工学専攻（宮崎 靖大 准教授）**

我が国における供用中の吊橋や斜張橋などの長大橋の主塔および鋼製橋脚には、柱の長さ方向に断面が変化する変断面構造が多く採用されている。このような鋼製変断面柱の設計性能照査では、一般に簡易的な等断面のモデルに置換され、数値計算が行われている。先行研究では、鋼製変断面柱を剛体ばねにより要素モデル化し、定軸力または軸力変動作用下で水平繰返し負荷を受ける際の力学的挙動を調べている。この中で、軸力下において水平力を受ける鋼製変断面柱は、断面構成によりサイクル毎に塑性変形の集中箇所が交番する不安定挙動を示すことを明らかにしている。

本研究では、鋼製変断面柱をシェル要素でモデル化し、複合非線形性を考慮した非線形有限要素解析により、その力学的挙動を明らかにすることを目的とする。

### **既存構造物の打音点検精度向上に資する打音点検練習方法の開発**

#### **Contributes to Improving the Accuracy of Hammering Inspection of Existing Structures Development of Tapping Sound Inspection Practice Method**

**小海 元暉：環境都市工学専攻（村上 祐貴 教授）**

打音点検技能早期獲得を目的とした、打音点検技能向上トレーニングの考案と効果の検証を行った。打音点検の実務経験がある被験者 11 名を対象として、人工欠陥が埋設されたコンクリートパネルに打音試験実施し、トレーニング前後の精度と打撃特性の変化を計測した。トレーニングを行うことで、欠陥の発見個数に関しては向上がみられたが、欠陥の領域確定に関しては変化があまり見られなかった。

## スマートフォンを用いた開発途上国における橋梁データベースシステムの構築

### Development of a Bridge Database System Using Smartphones for Developing Countries

小林 倫：環境都市工学専攻（井林 康 教授）

我が国では、高度経済成長期に建設された橋梁が数多く存在しているが、時代の流れとともに高齢化が進み、維持管理業務の重要性も年々増している。しかし、地方自治体では、予算や人手の不足が問題となっており、より効率的な維持管理手法の導入が求められている。

これら橋梁の維持管理に関する問題は、我が国だけではなく海外の開発途上国でも同様であり、社会基盤の維持管理に関する技術協力プロジェクトが多く行われている。本研究ではこれまでにカンボジアを対象として、タブレット端末を用いた橋梁データベースシステムを構築している。カンボジア版システムは2015年7月より現地にて運用が開始され、約2400橋の調書作成と橋梁点検が行われた。3ヶ月の期間で見ると約2200橋のデータが収集されている。

しかし、タブレット端末はサイズが大きいことから持ち運びや撮影がしづらく、使用時に両手がふさがってしまうといった課題があった。

本研究では、開発途上国における橋梁維持管理手法の定着を目的とするプロジェクトの一環として、スマートフォンを用いて橋梁調書作成と橋梁点検を行うことができるデータベースシステムを構築した。先行研究のシステムをスマートフォンに対応させるとともに、操作性向上・効率化を目指し、現場の意見を取り入れながらシステムの改良も行った。

スマートフォンはタブレット端末と比べて持ち運びがしやすく、片手で操作できるといったメリットがある。また、現場の声を基にシステムの様々な改良を行ったことで操作性を大きく向上させることができ、より効率的な作業が可能となった。

本システムはケニア、タジキスタン、マダガスカルの3か国で実際に使用され、これまでに約2000橋ものデータを取得している。橋種は、3か国全てにおいてコンクリート橋が70%以上を占めており、それ以外の大半は鋼橋であった。橋長は20m以下の小規模な橋梁が多く、ケニアは他の国と比べて健全な橋梁が多いことが分かった。

短期間にここまで多くの橋梁データを収集できたのは、スマートフォンを使用し、効率的に作業を行うことができたためであると思われる。橋梁維持管理体制の整備に大きく貢献したといえる。

## 吸水させたコンクリート表面の輝度の時間変化に基づく広域な表層品質評価法の確立

### Establishment of a Wide-Area Surface Quality Evaluation Method Based on Time Variation of Brightness of Water-absorbed Concrete Surface

小宮 陸：環境都市工学専攻（村上 祐貴 教授）

コンクリートの表層品質を定量的に評価する手法の代表的なものとして表面吸水試験と表層透気試験がある。これらの手法では一度の測定で計測可能な領域は調査対象物の一部であり、広範囲での表層品質を評価することができない。著者らは、吸水した測定面の反射輝度の時間変化から、コンクリートの表層品質を定量的かつ広範囲に評価する手法を提案し、照度の安定した屋内で提案手法の妥当性を確認している。本研究では、著者らが提案した手法の社会実装を目的とし、照度の変化する屋外での本手法の適用性について検討した。その結果、測定中の照度の補正を行うことで屋外環境においても本手法の妥当性が確認された。さらに、これまで反射輝度測定に使用していたXYZカメラに比べて比較的安価なRGBカメラを用いた場合においても本手法による測定が可能であることが確認された。

## 塩害を受けたプレストレストコンクリート桁の鋼材腐食量調査

### Investigation of Steel Corrosion in Prestressed Concrete Girders Damaged by Salt

齋藤 充：環境都市工学専攻（井林 康 教授）

近年、鉄筋コンクリート構造物の劣化の進行が数多く確認されるようになり、高度経済成長期に整備された構造物に関しては供用から50年を超えるものも多い。このような構造物は今後さらに増大することが見込まれ、維持管理手法の確立が急務である。特に新潟県の日本海沿岸など、沿岸部に設置された多数の鉄筋コンクリート構造物においては、塩害による劣化が深刻化している。

塩害を受けたプレストレストコンクリート(PC)橋は、コンクリート面にひび割れや錆汁、剥離などの損傷が現れるが、これらの損傷と内部鋼材の腐食状況との関係について、これまで研究された事例は少ない。そのため、定期点検などで損傷が発見された場合、詳細調査の段階で浸透塩分量調査やはつり調査が実施され、損傷の進行度と補修・補強の要否などが診断されることになるが、外観と内部鋼材の腐食欠損量の関係が分かれば、耐荷力低下の推定が容易になり、今後の管理に役立てられるものと考えられる。

本研究は、塩害を受けて撤去されたポストテンション式PCT桁を活用して、損傷を受けた外観と内部鋼材の腐食状況を把握し、関係性についての考察を行った。

調査の結果、落橋につながるような内部鋼材の腐食は確認されなかったが、飛来塩分により海側に配筋されている鉄筋が腐食し、内部・外部が腐食する場合と上縁定着部のグラウト充填不足により内部が腐食する場合の2種類の損傷プロセスがあることが推測された。

## 新潟県の中小河川を対象とした深層学習による水位予測手法の開発

### Development of the Real-time River Stage Prediction Method Targeted at Small and Medium Sized Rivers within Niigata Prefecture using Deep Learning

武樋 力：環境都市工学専攻（山本 隆広 准教授）

洪水予測情報としての河川水位は防災面上における水防活動や避難活動等の判断基準としての役割を果たすため、河川水位を適切に予測する必要がある。特に、流域面積が小さいがために洪水到達時間が短い中小河川では、防災活動において十分なリードタイムを確保しつつ、流域全体の洪水危険度を把握することが可能な洪水予測情報が求められる。そこで、本研究では新潟県の9つの中小河川流域を対象に流域内の多地点かつ複数時系列の河川水位を現時刻までの降水及び水位の変化から同時に予測する深層学習モデルを開発した。最近では常時の水位観測を行う従来型水位計に加え、河川水位が一定の基準に達した時のみ水位観測を行う危機管理型水位計の設置が新潟県を含め全国的に進められている。そこで、従来型水位計のデータを活用した通年河川水位予測手法及び危機管理型水位計のデータ蓄積を見据え、洪水時に着目し、洪水時のみのデータを活用した河川水位予測手法についても検討を行った。

## 長距離移動する加速発達を伴う泥水サーマルの流動解析

### Flow analysis of Accelerating Turbidity Thermal during Long Propagation

武藤 要：環境都市工学専攻（衛藤 俊彦 准教授）

泥水流は、海底溪谷や貯水池で発生し、地形変化に影響を及ぼす流動現象であり、海底地すべりの原因ともなり得る。泥水流の発生メカニズムや流動特性は重要な情報であるが、詳細は明らかになっていない。そこで本研究では、泥水サーマルの流動特性を明らかにすることを目的とし、長距離の流動を解析することができるシミュレーションを行った。流動シミュレーションは、流れの基礎方程式、乱流モデルに基づいて設定され、OpenFOAMを使用して数値解析を実行した。

その結果、加速を伴う泥水サーマルは長距離を流動するに従い、一定の速度に漸近していく流れとなることが示された。また、水路勾配が大きくなると、泥水サーマルは粒径が大きい条件においても加速するサイクルに至りやすくなった。また、水路勾配が小さいほど、先端部の移動速度は遅く、後端部の移動速度は速い傾向が確認された。先端部と後端部の速度差により、泥水サーマルの全長は伸びていくものの、水路勾配が小さいケースは大きいケースと比べ全長の伸びは比較的小さくなり、より短期的な流動となることが考えられる。